



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 28 478 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
G 01 D 5/30
G 01 V 8/12
G 01 B 11/14
B 65 G 49/07
H 01 L 21/68

②1 Aktenzeichen: 197 28 478.7
②2 Anmeldetag: 3. 7. 97
④3 Offenlegungstag: 4. 2. 99

DJI

DE 197 28 478 A 1

⑦1 Anmelder:
JENOPTIK AG, 07743 Jena, DE

⑦2 Erfinder:
Schultz, Klaus, 07745 Jena, DE; Kaden, Sebastian,
60487 Frankfurt, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE	43 11 691 C2
DE	43 06 957 C1
DE	40 13 743 C2
DE	29 24 685 C2
DE	1 95 35 871 A1
DE	42 38 834 A
US	54 18 382
US	48 95 486

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Einrichtung und Verfahren zur Erkennung von scheibenförmigen Objekten und Fächern in einem Behälter

⑤7 Die Erfindung betrifft die Erkennung von scheibenförmigen Objekten und Fächern in einem Behälter. Aufgabe ist es, die Erkennungssicherheit sowohl bei einseitig als auch zweiseitig offenen Behältern zu erhöhen, Mehrfachbelegungen, Schräglagen der Objekte über mehrere Fächer und die Fächer selbst in ihrer Position unabhängig von Abmessungstoleranzen zu erkennen. Eine Handhabung sowohl der scheibenförmigen Objekte als auch der Behälter soll nicht behindert und die Reinraumverhältnisse durch die Erkennung nicht gestört werden. Gemäß der Erfindung wird eine an den Stirnseiten der Objekte und den Fächern reflektierte Strahlung einer Strahlungsquelle durch eine abbildende optische Einrichtung zur Bildaufnahme auf optoelektronische Sensorelemente gerichtet. Die Aufnahme eines jeden Bildes ist den zur Abbildung beitragenden Reflexionsverhältnissen an den Stirnseiten angepaßt. Die Erfindung ist bei der Herstellung integrierter Schaltkreise anwendbar.

DE 197 28 478 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Erkennung von scheibenförmigen Objekten und Fächern in einem Behälter, in dem die im wesentlichen parallel zueinander angeordneten Fächer zur Aufnahme der Objekte dienen und an Stirnseiten der Objekte und den Fächern reflektierte Strahlung einer Strahlungsquelle durch eine abbildende optische Einrichtung auf optoelektronische Sensorelemente zur Aufnahme mindestens eines Bildes gerichtet ist.

Die Erkennung von Halbleiterscheiben in den Fächern der Aufbewahrungsbehälter, die für den Transport und die Lagerung sowie die Bereitstellung der Halbleiterwafer während des Fertigungsprozesses eingesetzt werden, erhält mit zunehmender Automatisierung der Fertigung eine immer bedeutendere Rolle. Dabei kommt es vor allem darauf an, ein Maximum an Zuverlässigkeit zu erreichen, um Beschädigungen der Halbleiterwafer bei deren automatisierter Handhabung zu vermeiden. In der Regel weisen die verwendeten Behälter zwei sich gegenüberliegende Öffnungen auf. Mit dem Einsatz neuer Technologien, wie der Lagerung und dem Transport der Halbleiterscheiben in Mikroeinräumen und der Verschmelzung der Aufbewahrungsbehälter mit ihrer Umhüllung reduziert sich die Öffnung dieser Behälter oft auf eine Seite, die gleichzeitig der Entnahme der Halbleiterscheiben durch Handhabungseinrichtungen dient.

Gemäß der US-Patentschrift 4 895 486 ist es bekannt, mit einem Kontrollgerät die Anwesenheit waferartiger Objekte in einem Träger (Magazin) und deren relative Lage zu einer Bezugsebene in dem Träger zu bestimmen, indem ein erstes Signal für die Anwesenheit eines derartigen Objektes und ein Ortssignal für das Objekt miteinander verknüpft werden.

Das erste Signal wird durch einen optoelektronischen Sensor gewonnen, der den Raum, in dem sich die Objekte befinden können, überwacht. Das zweite Signal entsteht über einen mit einem Antrieb zum Auf- und Abfahren des Trägers gekoppelten Positionsenncoder.

Zur Bestimmung der Bezugsebene und des möglichen Aufenthaltsraumes der Objekte wird der Raum im Träger vertikal in Segmente aufgeteilt. Neben einem als Bezugsebene dienenden Segment und Segmenten ohne waferartige Objekte, werden Window-Segmente definiert, in denen Objekte vorhanden sein können.

Es erfolgt eine Indexierung des Trägers, indem nach einer meßtechnischen Erfassung der Bezugsebene in dem Träger die Orte der Window-Segmente rechnerisch über die Konstruktionsdaten des jeweils verwendeten Trägers ermittelt und gespeichert werden.

Die in der Patentschrift DE 43 06 957 C1 beschriebene Lösung zeigt ein, von einem Sender ausgehendes, mit seinem Mittenstrahl in der Bezugsebene liegendes Meßstrahlenbündel, das zwischen gegenüberliegenden, die Magazineinrichtungen enthaltenden Wänden hindurchgeführt wird und auf das Meßstrahlenbündel abschattende, in das Innere des Magazins weisende fächerbildende Vorsprünge einer der Wände gerichtet ist, die als Auflage für die scheibenförmigen Objekte dienen. Durch die Höhenverstellung in Richtung der übereinanderliegenden Magazineinrichtungen, die dadurch aufeinanderfolgend eine gemeinsame Lage mit der Bezugsebene einnehmen, erfolgt eine Erzeugung eines Abbildes sowohl der Magazineinrichtungen als auch der in den Magazineinrichtungen befindlichen scheibenförmigen Objekte durch eine Modulation des Meßstrahlenbündels.

In der DE 42 38 834 A1 wird eine Anordnung beschrieben, die neben einer bestimmten Ausführung eines Roboters zum Bewegen von Halbleiterwafern unter anderem eine Sensoranordnung zum Erkennen der Anwesenheit dieser Halbleiterwafer in deren Aufbewahrungsbehältern enthält.

Eine Anzahl von Fotoempfängern wird gegenüber dem Aufbewahrungsbehälter so angeordnet, daß die Fotoempfänger in einer örtlichen Beziehung zu den Fächern der Aufbewahrungsbehälter stehen. Eine an dem Roboter befestigte Beleuchtungseinrichtung kann durch diesen gegenüber dem Aufbewahrungsbehälter in einer Koordinate bewegt werden. Das bei dieser Bewegung in den Fotoempfängern erzeugte Signal ermöglicht eine Aussage über die Anwesenheit eines Halbleiterwafers in einem, dem Fotoempfänger zugeordneten Fach.

Alle genannten technischen Lösungen haben den Nachteil, daß sie beim Einsatz an den bereits genannten einseitig geöffneten Behälter versagen, da die Durchstrahlbarkeit des Aufbewahrungsbehälters nicht gegeben ist.

Von Nachteil ist es außerdem, daß zwischen Sensor und Substrat eine abtastende Relativbewegung erforderlich ist. Das führt sowohl zu einem erhöhten Zeitbedarf für die Erkennung als auch zur Verschlechterung der Reinstraumbedingungen. Letzteres wird besonders dann problematisch, wenn die Relativbewegung nur durch eine Verstellung des Sensors erzeugt werden kann.

Die US 5 418 382 verwendet zu den Stirnseiten der Halbleiterwafer benachbart in einer Reihe angeordnete Strahlungselemente. Stabförmige Lichtwellenleiter, deren Eintrittsöffnungen den Stirnseiten der Halbleiterwafer und deren Lichtaustrittsöffnungen Empfangselementen benachbart sind, übertragen das reflektierte Licht.

Die beschriebene Einrichtung beschränkt sich auf die Erkennung von Substraten in vordefinierten Zonen und bietet damit zwar die Möglichkeit der Erkennung mehrerer Objekte in einer solchen Zone, jedoch ist die Erkennung von Substraten, die sich in unterschiedlichen Fächern befinden und damit gegenüber einer Handhabungsebene verkippt sind, nicht möglich.

Durch das Erfordernis, die Einrichtung in unmittelbarer Nähe der zu erkennenden Substrate anordnen zu müssen, wird die Anwendung, wie bei den übrigen Lösungen des Standes der Technik, auf zweiseitig geöffnete Behälter beschränkt.

Beim Einsatz von Behältern, die nur an einer Seite offen sind, muß die gesamte Einrichtung aus dem Handhabungsbereich der Substrate entfernt werden, womit eine erhöhte Partikelkontamination verbunden ist.

Der Einsatz der Einrichtung in unmittelbarer Nähe der Substrate behindert darüber hinaus die Anwendung der SMIF-Technologie und bringt Einschränkungen bei der Automatisierung mit sich. Die körperlich große Ausdehnung des Sensors über die gesamte Behälterhöhe behindert im Zusammenhang mit der unmittelbaren Anordnung gegenüber den Substraten die Handhabung der Kassetten und schränkt die Freiheitsgrade der möglichen Bewegungen ein.

Der Gegenstand der DE 195 35 871 A1 erlaubt auch die Verwendung von Magazinen oder magazinähnlichen Behältern, die mit Ausnahme der Beschickungsrichtung allseitig geschlossen sind, setzt aber auch eine Relativbewegung voraus.

Diffuses Streulicht, das nach dem Auftreffen eines Meßstrahlenbündels auf den Rand eines Objektes oder auf eine Objektauflage entsteht, wird von einem positionsempfindlichen Fotoempfänger, der üblicherweise mit dem Sender in einer mechanischen Baueinheit zusammengefaßt ist, empfangen und mit Hilfe eines elektronischen Verstärkers in ein, in seiner Größe von der Entfernung zwischen Sender und Auftreffort abhängiges Analogsignal umgewandelt.

Durch Höhenverstellung in Richtung der übereinanderliegenden Magazineinrichtungen erfolgt eine Erzeugung eines Abbildes sowohl der Magazineinrichtungen als auch der in den Magazineinrichtungen befindlichen scheibenförmigen Objekte durch eine

Amplitudenmodulation des Ausgangssignales, hervorgerufen durch die Änderung der Entfernung zwischen Sender und reflektierendem Objekt in der senkrecht zur Bewegungsrichtung liegenden Ebene.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Erkennungssicherheit sowohl bei einseitig als auch zweiseitig offenen Behältern zu erhöhen. Es sollen außer einer Mehrfachbelegung auch eine Schräglage der Objekte über mehrere Fächer und die Fächer selbst in ihrer Position unabhängig von Abmes-
5 sungstoleranzen erkannt werden können, eine Handhabung sowohl der scheibenförmigen Objekte als auch der Behälter nicht behindert und die Reinraumverhältnisse durch die Erkennung nicht gestört werden.

Die Aufgabe wird durch eine Einrichtung zur Erkennung von scheibenförmigen Objekten und Fächern in einem Behälter, in dem die im wesentlichen parallel zueinander angeordneten Fächer zur Aufnahme der Objekte dienen und an Stirnseiten der Objekte und den Fächern reflektierte Strahlung einer Strahlungsquelle durch eine abbildende optische
10 Einrichtung auf optoelektronische Sensorelemente zur Aufnahme mindestens eines Bildes gerichtet ist, dadurch gelöst, daß die Aufnahme eines jeden Bildes den zur Abbildung beitragenden Reflexionsverhältnissen an den Stirnseiten angepaßt ist.

Die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung sind zur Auswahl voneinander verschiedener Bereiche der Stirnseiten zueinander fest angeordnet und gemeinsam in einer Ebene parallel zu den Fächern und an den Stirnseiten vorbei verstellbar.

Ist zur Auswahl unterschiedlicher Bereiche der Stirnseiten nur eine geringe örtliche Veränderung der aufnehmenden Elemente erforderlich, reicht es aus, nur die abbildende optische Einrichtung in einer Ebene parallel zu den Fächern und an den Stirnseiten vorbei zu verstellen.

Ansonsten ist es von Vorteil, wenn die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung auf einem gemeinsamen Träger befestigt sind, der eine senkrecht zur Ebene der Verstellung gerichtete Drehachse aufweist, in deren Richtung die Sensorelemente benachbart zueinander angeordnet sind.

Von Vorteil ist es auch, wenn die abbildende optische Einrichtung für die Abbildung der Objekte und der Fächer von einer Aufnahmeplatte getragene Wechselobjektive zur Veränderung der Brennweite enthält. Durch Verstellung der Aufnahmeplatte erfolgt eine Verlagerung der Wechselobjektive mit ihren optischen Achsen in den Bereich der Sensorelemente.

Beim Einsatz von Behältern, die nur an einer Seite offen sind, sind die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung zusammen mit einer Strahlungsquelle dem Behälter an einer geschlossenen Seite benachbart. Eine Umlenkeinrichtung gewährleistet einen Strahlengang vom Inneren des geöffneten Behälters zu den Sensorelementen und zur Strahlungsquelle.

Im allgemein üblichen Fall der Ankopplung derartiger Behälter an eine Halbleiterbearbeitungsanlage zum Zwecke des Wafertransportes sind die Sensorelemente, die abbildende optische Einrichtung und die Strahlungsquelle auf einem feststehenden Träger befestigt. Auf dem Träger ist eine horizontal verschiebbare Plattform zur Aufnahme und zur Ankopplung des Behälters an eine Beschickungsöffnung in einem Wandelement der Halbleiterbearbeitungsanlage geführt. Die Umlenkeinrichtung ist zur Beschickungsöffnung seitlich versetzt an dem Wandelement gegenüber einem strahlungsdurchlässigen Bereich angebracht.

Sofern genügend Freiraum vor der Öffnung des Behälters vorhanden ist, können die die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung dem Behälter auch an einer of-

fenen Seite benachbart sein, so daß die Umlenkeinrichtung entfallen kann.

Eine derartige Anordnung ist auch anwendbar, wenn der Behälter eine offene Vorderseite und eine offene Rückseite aufweist, wie das bei häufig verwendeten Wafermagazinen der Fall ist.

Gegenstand der Erfindung ist außerdem ein Verfahren zur Erkennung von scheibenförmigen Objekten an deren Stirnseiten und von Fächern eines Behälters durch Aufnahme
10 mindestens eines Bildes, das aus Signalen einzelner Sensorelemente zusammengesetzt ist und in dem jedes Signal einen festen Bezug zu einer Bezugsbasis besitzt, wobei die Aufnahme eines jeden Bildes mit einer Auswahl von aufzunehmenden Bereichen der Stirnseiten verbunden ist.

Zur Erhöhung der Erkennungssicherheit wird mindestens ein Bildpaar von unterschiedlichen Bereichen der Stirnseiten aufgenommen.

Vorteilhaft ist es, wenn die Signale eines jeden Bildes mit einem oberen Schwellwert verglichen werden. Bei Überschreiten des Schwellwertes bei mindestens einem Signal erfolgt zur Anpassung der Signalgröße eine erneute Bildaufnahme mit geänderter Belichtung vom selben Bereich der Stirnseiten wie bei dem Vergleichsbild.

Eine veränderte Anzahl der Objekte in den Fächern ist
25 entweder durch Abweichungen gemessener Signalbreiten für die Objekte zur Sollbreite oder durch Abweichungen des Abstandes der Signalmaxima für die Objekte zu den Sollabständen gekennzeichnet.

Letzteres trifft insbesondere für einen Signalverlauf zwischen zwei Signalmaxima zu, der oberhalb eines unteren Schwellwertes liegt.

Abweichungen gemessener Positionen der Objekte zur Sollposition, die sich in Abhängigkeit vom aufgenommenen Bereich der Stirnseite ändern, kennzeichnen ein Objekt, das
35 in verschiedenen Fächern liegt.

Die Abweichung kann gegenüber dem Sollabstand der Objekte oder dem Sollabstand zur Bezugsbasis ermittelt werden.

Die Erfindung soll nachstehend anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung zur Erkennung von scheibenförmigen Objekten mit direkter Beleuchtung und einer ersten Position der Sensoranordnung,

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung zur Erkennung von scheibenförmigen Objekten mit direkter Beleuchtung und einer zweiten Position der Sensoranordnung,

Fig. 3 eine Draufsicht auf einen einseitig zu öffnenden Behälter zusammen mit einer Empfangseinrichtung,

Fig. 4 eine Vorderansicht einer verschwenkbaren Empfangseinrichtung mit Wechselobjektiven,

Fig. 5 eine Draufsicht einer verschwenkbaren Empfangseinrichtung mit Wechselobjektiven,

Fig. 6 die Anordnung einer Empfangseinrichtung an einer Be- und Entladestation für Halbleiterbearbeitungsanlagen mit einem einseitig zu öffnenden Behälter im angekoppelten und geöffneten Zustand,

Fig. 7 ein Blockschaltbild der Einrichtung,

Fig. 8 ein erstes Bild, das mit einer ersten Belichtungszeit aufgenommen wurde,

Fig. 9 ein zweites Bild, bei dem die Belichtungszeit gegenüber Fig. 8 verringert ist,

Fig. 10 ein Flußbild des Meßablaufes für die Bestimmung der Anwesenheit der Objekte in den Fächern des Behälters,

Fig. 11 eine schematische Darstellung einer Anordnung für zweiseitig offene Behälter in der Draufsicht.

In Fig. 1 und 2 ist eine Empfangseinrichtung 1, die aus einer abbildenden optischen Einrichtung in Form eines Objektives 2, einem CCD-Zeilensensor 3 mit einzeln adressierba-

ren Sensorelementen und einer Elektroneinheit 4 zur Steuerung und Datenverdichtung besteht, gegenüber einem scheibenförmigen Objekt in Form eines Halbleiterwafer 5 so angeordnet, daß von dessen Stirnseite 6 reflektierte Strahlung 7 einer nicht dargestellten Strahlungsquelle empfangen werden kann.

Von dem CCD-Zeilensensor 3 empfangene Strahlungsanteile werden durch die Ausnutzung des fotoelektrischen Effektes in ein elektrisches Signal umgewandelt und der Elektroneinheit 4 zugeführt.

Die reflektierte Strahlung 7 wird aus einer Strahlung erzeugt, deren Hauptstrahlrichtung 8 mit der optischen Achse O_1-O_1 des Objektives 2 im wesentlichen in einer Ebene parallel zur Oberfläche der Halbleiterwafer 5 liegt. Die Wellenlänge der Strahlung und spektrale Empfindlichkeit des CCD-Zeilensensors 3 sind aufeinander abgestimmt.

Wie Fig. 1 und 2 zu entnehmen ist, besitzt der Halbleiterwafer 5 zur Kennzeichnung der Gitterorientierung eine Kerbe 9, deren Lage in der Ebene in den meisten Fällen nicht bestimmt ist. Liegt die Kerbe 9 im Bildfeld der Empfangseinrichtung 1, dann wird keine oder nur ein ungenügender Teil der Strahlung in deren Richtung reflektiert (Fig. 1). Zur Signalgewinnung ist eine Auswahl der Reflexionsrichtung erforderlich, bei der die reflektierte Strahlung 7 von dem Objektiv 2 in ausreichendem Maße erfaßt werden kann. Zu diesem Zweck wird die Empfangseinrichtung 1 um einen Winkel α in einer Ebene parallel zur Oberfläche der Halbleiterwafer 5 geschwenkt (Fig. 2), wodurch ein anderer Bereich der Stirnseite 6 abgebildet wird. Die reflektierte Strahlung fällt nun auf das Objektiv 2.

Der Winkel α , der vom Abstand zwischen dem Halbleiterwafer 5 und der Empfangseinrichtung 1 sowie dem aus der Brennweite des Objektives 2 resultierenden Abbildungsmaßstab abhängig ist, muß mindestens die Verschiebung des Betrachtungsortes um die Breite der Kerbe 9 zur Folge haben. Der Öffnungswinkel der Strahlungsquelle ist ebenfalls dem Winkel α anzupassen, so daß auch nach dem Schwenken der Empfangseinrichtung 1 mindestens ein Teil der reflektierten Strahlung 7 empfangen werden kann.

Anstelle der Schwenkbewegung führt selbstverständlich auch eine Verschiebung der Empfangseinrichtung 1 in einer Ebene parallel zur Oberfläche der Halbleiterwafer 5 und senkrecht zur optischen Achse O_1-O_1 zum Erfolg.

Zur Optimierung des Öffnungswinkels der Strahlungsquelle ist es von Vorteil, die zur Auswahl unterschiedlicher Bereiche der Stirnseiten erforderliche Bewegung symmetrisch zu einer Mittenposition der optischen Achse O_1-O_1 auszuführen.

Zur Anwendung der Erfindung bei einem einseitig offenen Behälter 10 ist eine Empfangseinrichtung 11 für die Erkennung von Halbleiterwafern 12 gemäß Fig. 3 dem Behälter 10 an einer geschlossenen Seite 13 benachbart, die an die offene Seite 14 angrenzt. Dadurch bleibt ein zur Handhabung und zur Bearbeitung der Halbleiterwafer 12 dienender, der offenen Seite 14 des Behälters 10 benachbarter Raum 15 frei und eine Entnahme und Rückführung der Halbleiterwafer 12 wird nicht behindert.

Für die Einhaltung dieser Bedingung wird eine Umleneinrichtung 16 zur Gewährleistung des erforderlichen Strahlenganges zur offenen Seite 14 des Behälters 10 seitlich versetzt angeordnet.

Die Halbleiterwafer 12 liegen in dem Behälter 10 auf Fächer 17 bildenden Auflagen 18 auf.

Befinden sich in den Fächern 17 keine Halbleiterwafer 12 oder ist der Behälter nur teilweise bestückt, dann ist für einen Wechsel der Abbildung der Halbleiterwafer 12 zur einer Abbildung der Fächer 17 eine Verlagerung des Schärfentiefenbereiches eines ersten abzubildenden Bereiches 19

in einen zweiten Schärfentiefenbereich eines zweiten Bereiches 20 erforderlich.

Zu diesem Zweck beinhaltet die Empfangseinrichtung 11 eine Abbildungsoptik mit veränderbarer Brennweite. Die Brennweitenänderung erfolgt entweder automatisch aufgrund des Ergebnisses einer ersten Messung oder auf Anforderung zum Vermessen nicht belegter Fächer.

In Ausnahmefällen, in denen genügend Freiraum vor der Öffnung des Behälters vorhanden ist, kann die Empfangseinrichtung auch ohne Umleneinrichtung vor der Öffnung angeordnet werden.

Die in Fig. 4 und 5 dargestellte Ausführungsform einer Empfangseinrichtung 21 ist in ihrem Aufbau dazu geeignet, die Bildaufnahme in Abhängigkeit von den zur Abbildung beitragenden Reflexionsverhältnissen an den Stirnseiten durch eine Auswahl voneinander verschiedener Stirnseitenbereiche vorzunehmen.

Von den unterschiedlichen Bereichen der Stirnseiten der Halbleiterwafer können dadurch Bilder aufgenommen werden, daß die gesamte Empfangseinrichtung 21 um einen geringen Winkel in einer Ebene parallel zur Oberfläche der Halbleiterwafer verstellt wird.

Die Drehachse 22 liegt im rückseitigen Bereich der Empfangseinrichtung 21 in einem Blattfedergelenk 23, das von einem Gestell 24 getragen wird und in entgegengesetzter Richtung zur Auslenkung vorgespannt ist. Eine Linearbewegung, die mittels einer, auf einer Grundplatte 25 befestigten Tauchspule 26 erzeugt wird, greift in einem außermittig liegenden Angriffspunkt 27 an und verstellt die gesamte Empfangseinrichtung 21. Die erforderliche Rückstellkraft beim Stromloschalten der Tauchspule 26 wird durch eine Feder 28 erzeugt.

Ist zur Auswahl unterschiedlicher Bereiche der Stirnseiten nur eine geringe örtliche Veränderung der aufzunehmenden Elemente erforderlich, kann eine Verstellung nur der abbildenden optischen Einrichtung ausreichend sein. Dafür geeignete Mittel sind dem Fachmann hinreichend bekannt.

Eine abbildende optische Einrichtung 29 mit veränderbarer Brennweite besteht aus zwei Objektiven 30, 31, die von einer Aufnahmeplatte 32 getragen werden.

Mit Hilfe eines elektromotorischen Antriebes 33 können die Objektive 30, 31 über ein Getriebe 34 auf einer Kreisbahn so bewegt werden, daß deren optische Achsen in den jeweiligen Endstellungen in den Bereich des CCD-Sensors 35 verlagert werden.

Die Brennweiten der Objektive 30, 31 und deren Abstände zum CCD-Sensor 35 sind so abgestimmt, daß sich gleiche Abbildungsmaßstäbe ergeben.

Eine andere Art des Objektivwechsels läßt sich mit einem nicht dargestellten translatorischen Antrieb realisieren, der die Objektive auf einer Führungsbahn senkrecht zur optischen Achse bewegt.

Auch ein Austausch der Objektive oder ein Zoom-Objektiv mit einer rechnerischen Kompensierung des Abbildungsmaßstabes in Form einer Korrekturmatrix führen zum Erfolg.

Die Beleuchtungseinrichtung (nicht dargestellt) wird symmetrisch oberhalb und unterhalb der Empfangseinrichtung 21 angeordnet und mechanisch mit ihr verbunden oder getrennt am Gestell befestigt.

Bei der in Fig. 6 dargestellten Be- und Entladestation für Halbleiterbearbeitungsanlagen ist ein bereits geöffneter Behälter 36 auf einer, von einem feststehenden Träger 37 getragenen, in Pfeilrichtung horizontal verschiebbaren Plattform 38 abgestellt und an eine Beschickungsöffnung 39 in einem Wandelement 40 angekoppelt.

Eine Einrichtung 41 zum Öffnen und Schließen der Beschickungsöffnung 39 ist zur gemeinsamen Aufnahme eines

Verschlusses 42 für die Beschickungsöffnung 39 und eines Behälterdeckels 43 des Behälters 36 und zum Absenken in die Halbleiterbearbeitungsanlage ausgebildet.

Der Verschuß 42 ist an einem höhen- und gegen das Wanelement 40 verstellbaren Arm 44 befestigt und kann den durch Kraftschluß angekoppelten Behälterdeckel 43 tragen. Die Höhenverstellung und die Verstellung des Armes 44 gegen das Wanelement 40 erfolgt über Hubzylinder im Inneren der Einrichtung 41.

In einem Gehäuse 45 sind Antriebs- und Steuerelemente der Be- und Entladestation untergebracht.

Eine Empfangseinrichtung 46 ist zusammen mit einer Strahlungs- oder Beleuchtungsquelle 47 dem Behälter 36 an einer geschlossenen Seite benachbart, die an die zu öffnende Seite angrenzt, indem deren Befestigung auf dem Träger 37 erfolgt. Dadurch bleibt der Bereich der Beschickungsöffnung 39 zur Handhabung frei und eine Entnahme und Rückführung der Halbleiterwafer wird nicht behindert.

Eine Umlenkeinrichtung 48 zur Gewährleistung des erforderlichen Strahlenganges ist zur Beschickungsöffnung 39 seitlich versetzt an dem Wanelement 40 angebracht, wobei das Wanelement 40 in diesem Bereich mit einem strahlungsdurchlässigen Fenster 49 versehen ist.

Die Empfangseinrichtung 46 steht durch die gestellteste Anordnung in einem festem geometrischen Bezug zur selben Bezugsbasis wie eine Handhabungseinrichtung in der Halbleiterbearbeitungsanlage. Ist die Lage der Halbleiterwafer bestimmt, kann eine Positionierung der Handhabungseinrichtung gegenüber den Halbleiterwafern durch die Übertragung der vertikalen Ortsinformation erfolgen.

Bei dem in Fig. 7 dargestellten Blockschaltbild ist ein optoelektronischer Wandler in Form des zeilenförmigen CCD-Sensors 35 ein und ausgangsseitig mit einer zur Steuerung und Datenbereitstellung dienenden Auswerteelektronik 50 verbunden.

Die jedem Bildpunkt zuordenbare, dem Strahlungseinfall proportionale Analogspannung am Ausgang des CCD-Sensors 35 wird durch die Auswerteelektronik 50 digital gewandelt.

Eine mit der Auswerteelektronik 50 verbundene Datenverdichtung 51 übernimmt die Datenauswahl, indem von den empfangenen digitalen Spannungswerten nur diejenigen über eine Datenleitung zu einer Steuereinheit 52 übertragen werden, die einen unteren Schwellwert überschreiten.

Von der Steuereinheit 52 bestehen außerdem Verbindungen zu einer Strahlungs- oder Beleuchtungsquelle 53, zur Steuerung des Antriebes 26 für die Bewegung der Empfangseinrichtung 21 und des Antriebes 33 für den Objektwechsel.

Die Ergebnisse der Signalbewertung, die Informationen über die Belegung eines Faches, die Lage der Halbleiterwafer in den Fächern (Kreuzwafer), eventuelle Doppelbelegungen und den Abstand der einzelnen Objekte bzw. Fächer zur Bezugsebene beinhalten, werden über eine serielle Datenleitung einer Gerätesteuereinrichtung 54 zur Verfügung gestellt.

Die Informationen über die Belegung der Fächer können von einer übergeordneten Steuereinheit 55 angefordert oder an diese weitergeleitet werden.

Außerdem ist vorgesehen, daß die Gerätesteuereinrichtung 54 die Belegung der Fächer und auch den Abstand der einzelnen Halbleiterwafer/Fächer einer Steuereinrichtung 56 für eine Handhabungseinrichtung 57 zu deren Positionierung zuführt.

Fig. 8 zeigt einen typischen Verlauf eines von der Empfangseinrichtung empfangenen Signals über den gesamten Arbeitsbereich von 2048 Pixeln. Zur Datenreduzierung mittels der Datenverdichtung 51 wird ein, in Abhängigkeit von

der Integrationszeit (Belichtungszeit) des CCD-Sensors 35 softwaremäßig einstellbarer unterer Schwellwert 58 festgelegt, der sich genügend aus dem durch Störungen und Umwelteinflüssen hervorgerufenen Grundsignal (Rauschen) abhebt. Ein ebenfalls softwaremäßig einstellbarer oberer Schwellwert 59 ermöglicht die Erkennung einer möglichen Übersteuerung und wird in der Nähe des maximalen Ausgangssignales gewählt.

Die Flanke 60 mit positivem Anstieg und die Flanke 61 mit negativem Anstieg beschreiben die Präsenz eines Halbleiterwafers, wobei sich die Lage des Halbleiterwafers gegenüber einer Bezugsebene aus der Adresse der Sensorelemente des CCD-Sensors 35 berechnen läßt. Zweckmäßigerweise ermittelt man aus der Differenz der Adressen zwischen den Flanken 60 und 61 den Mittelwert und legt diesen für die Mittenposition der Halbleiterwafer zugrunde.

Die Ermittlung der Maxima 62 und 63 und die Bewertung des Abstandes zwischen beiden, ermöglichen einen Rückschluß auf ein doppelt belegtes Fach.

Der Abstand der beiden Maxima 62 und 63 beträgt nur wenige Bildpunkte und unterscheidet sich deutlich vom Standardabstand der Halbleiterwafer in den Fächern. Typisch für ein doppelt belegtes Fach ist die Folge zweier Maxima 62 und 63, ohne daß zwischen den beiden Maxima der untere Schwellwert 58 unterschritten wird.

Eine weitere Möglichkeit zur Erkennung doppelt belegter Fächer besteht in der Bewertung der Differenz zwischen der positiven Flanke 60 und der negativen Flanke 61.

Überschreitet ein Maximum den gewählten oberen Schwellwert 59, dann ist mit einer Übersteuerung des Empfängers zu rechnen. Im vorliegenden Fall trifft das für die Maxima 64 und 66 zu. Um eine sichere Auswertung von Doppelmaxima zu ermöglichen, ist die Reduzierung der Intensität erforderlich. Dies erfolgt entweder über die Verminderung der Beleuchtungsintensität oder die Verkleinerung der Integrationszeit des CCD-Sensors 35.

In Fig. 9 ist die Signalintensität dadurch verringert, daß die Belichtungszeit von 30 ms im ersten Bild auf 1 ms reduziert wurde. Aufgrund des mit einer verringerten Belichtungszeit verbundenen geringeren Rauschens kann die untere Schwelle 58 herabgesetzt werden. Die Maxima 64 und 66 stehen nun allen erforderlichen Auswerteschritten zur Verfügung.

Der Abstand zwischen den Signalen 63 und 65 ist im Normalfall gleich dem Fächerabstand oder beträgt bei unbelegten Fächern ein Vielfaches des Fächerabstandes. Zusätzlich besteht bei einer festen Anordnung der Empfangseinrichtung die bereits beschriebene feste Beziehung zur Bezugsbasis. Abweichungen der gemessenen Position zur Sollage gegenüber der Bezugsbasis oder des Abstandes zwischen den Halbleiterwafern zum Sollabstand geben Rückschluß auf in zwei verschiedenen Fächern platzierte Halbleiterwafer (Kreuzwafer).

Der Betrag der Abweichung der ermittelten Position gegenüber dem Fächerabstand bzw. der erwarteten Position ist von der Lage des Meßortes zwischen den Seitenwänden des Behälters, d. h. vom aufgenommenen Bereich der Stirnseite abhängig und hat in der Mitte mit der Hälfte des Fächerabstandes sein Maximum.

Gemäß der Fig. 10 wird während einer Messung A mit einer ersten Integrationszeit oder Beleuchtungsintensität ein erstes Bild aufgenommen und abgespeichert. Wird bei mindestens einem Bildpunkt, der durch seine Adresse bekannt ist, der gewählte obere Schwellwert 59 überschritten, dann erfolgt die Aufnahme und Speicherung eines zweiten Bildes mit verringerter Integrationszeit oder Beleuchtungsintensität.

Der Faktor dieser Belichtungsänderung kann in Abhän-

gigkeit von der zu erwartenden Schwankung des Reflexionsgrades der Halbleiterwafer gewählt werden und liegt maximal im Bereich von 1 : 30 bis 1 : 50. Der nutzbare Dynamikbereich des Sensors wird durch die Wahl des unteren und des oberen Schwellwertes 58, 59 festgelegt und liegt etwa bei 1 : 10. Da der Gesamt-Dynamikbereich sich aus dem Produkt des Sensordynamikbereiches und der Belichtungsdynamik ergibt, resultiert daraus eine erforderliche Änderung der Integrationszeit oder Beleuchtungsintensität um den Faktor 5. Mit zwei Bildern läßt sich somit der gesamte Dynamikbereich erfassen.

Aus der Bewertung der Anstiege des ersten Bildes ergibt sich die Information über die Anwesenheit von Halbleiterwafer und sofern das jeweilige Signal den gewählten oberen Schwellwert nicht überschritten hat, ist aus der Bewertung des Abstandes der Maxima die Information über doppelt belegte Fächer zu gewinnen.

Die Bewertung der Anstiege des zweiten Bildes liefert die Information über doppelt belegte Fächer für die Halbleiterwafer, die im ersten Bild übersteuert waren.

Die Oder-Verknüpfung der Ergebnisse A1 und A2 beider Bilder liefert die Information über die Fächerbelegung und eventuell vorhandene Doppelbelegungen.

Entspricht die Summe der erkannten Halbleiterwafer der Anzahl der erwarteten Halbleiterwafer (Fächerzahl), $W =$ Soll, dann erfolgt der Vergleich der ermittelten Waferposition $W_{\text{pos } n}$ mit den Sollpositionen $\text{Soll}_{\text{pos } n}$, wobei mit n die Position eines Halbleiterwafers oder eines Faches beziffert ist. In Fig. 10 ist der Ablauf vereinfacht für eine Position dargestellt. Überschreitet die Differenz zwischen Soll- und Istposition einen vom Meßort zwischen den Wänden des Behälters abhängigen Wert, dann erfolgt im Ergebnis eine Fehlermeldung zur Kennzeichnung von in zwei unterschiedlichen Fächern gelagerten Halbleiterwafern.

Wurden nicht alle erwarteten Halbleiterwafer erkannt oder ist zu erwarten, daß die Halbleiterwafer mit ihren Kerben 9 ungeordnet im Behälter liegen, wird zur Erhöhung der Sicherheit der Erkennung der Halbleiterwafer eine Messung B mit einem dritten und erforderlichenfalls vierten Bild durchgeführt und das Ergebnis abgespeichert. Zuvor wird der Meßort durch Bewegungen der Empfangseinrichtung entsprechend der Darstellung in Fig. 1 und 2 verändert. Während die Bildaufnahme von einem anderen Bereich der Stirnseiten als bei der Messung A erfolgt, gleicht sich der Bewertungsalgorithmus für die Bilder.

Die Ergebnisse W_A und W_B der Messungen A und B werden mit einer Oder-Verknüpfung bewertet und liefern das Gesamtergebnis. Die ermittelten Position W_{pos} werden mit den Sollpositionen Soll_{pos} verglichen. Überschreitet die Differenz zwischen Soll- und Istposition einen vom Meßort abhängigen Wert, dann erfolgt im Ergebnis eine Fehlermeldung. Als Ergebnis erhält man für jedes Fach eine Statusmeldung mit den Informationen: belegt, frei, doppelt belegt oder Kreuzwafer.

Um die erfindungsgemäße Einrichtung zur Ermittlung der genauen Lage der Halbleiterwafer und der Fächer gegenüber der Bezugsebene zu nutzen, werden neben der Statusmeldung auch die Positionen der erkannten Halbleiterwafer bzw. Fächer übermittelt. Die Position ist in der Adresse des jeweiligen Sensorelementes enthalten und kann unter Berücksichtigung des Abbildungsmaßstabes und des Rastermaßes der Sensorelemente in einen geometrischen Abstand zur Bezugsebene umgerechnet werden.

Zur Erhöhung der Genauigkeit ist es sinnvoll, Fehler, die z. B. durch Objektverzerrungen hervorgerufen werden, zu korrigieren.

Zur Ermittlung der Korrekturwerte erfolgt die Abbildung einer bekannten Maßverkörperung auf dem Sensor und die

ermittelten Abweichungen werden in einer Korrekturmatrix abgespeichert. Mit Hilfe dieser Korrekturwerte kann die Kalibrierung der gesamten Meßanordnung erfolgen.

Bei der in Fig. 11 dargestellten Anordnung ist ein Magazin 67 auf einer Plattform 68 abgestellt, die von einem Rahmen 69 umschlossen ist. In dem Magazin 67 sind Halbleiterwafer 70 in Fächer geschoben, ähnlich wie in dem Behälter 10. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch darin, daß das Magazin 67 an seiner Vorderseite 71 und an seiner Rückseite 72 offen ist. Während an der Vorderseite 71 die Handhabung der Halbleiterwafer 70 erfolgen kann, sind an der Rückseite eine Empfangseinrichtung 73 und eine Beleuchtungseinrichtung 74 getrennt voneinander so angeordnet, daß die von der Beleuchtungseinrichtung 74 reflektierte Strahlung in die Empfangseinrichtung 73 fällt. Zur Aufnahme von Bildern unterschiedlicher Stirnseitenbereiche der Halbleiterwafer 70 besitzt die Empfangseinrichtung 73, wie die Einrichtung in den Fig. 4 und 5, Mittel zur gemeinsamen Verstellung von Objektiv und CCD-Sensor.

Der Meßablauf für die Bestimmung der Anwesenheit der Halbleiterwafer 70 in den Fächern des Magazins 67 gleicht dem nach Fig. 10.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Erkennung von scheibenförmigen Objekten und Fächern in einem Behälter, in dem die im wesentlichen parallel zueinander angeordneten Fächer zur Aufnahme der Objekte dienen und an Stirnseiten der Objekte und den Fächern reflektierte Strahlung einer Strahlungsquelle durch eine abbildende optische Einrichtung auf optoelektronische Sensorelemente zur Aufnahme mindestens eines Bildes gerichtet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Aufnahme eines jeden Bildes den zur Abbildung beitragenden Reflexionsverhältnissen an den Stirnseiten (6) angepaßt ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung (29) zur Auswahl voneinander verschiedener Bereiche der Stirnseiten zueinander fest angeordnet und gemeinsam in einer Ebene parallel zu den Fächern und an den Stirnseiten vorbei verstellbar sind.
3. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die abbildende optische Einrichtung (29) zur Auswahl voneinander verschiedener Bereiche der Stirnseiten in einer Ebene parallel zu den Fächern und an den Stirnseiten vorbei verstellbar ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung (29) auf einem gemeinsamen Träger befestigt sind, der eine senkrecht zur Ebene der Verstellung gerichtete Drehachse (22) aufweist, in deren Richtung die Sensorelemente benachbart zueinander angeordnet sind.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die abbildende optische Einrichtung (29) für die Abbildung der Objekte und der Fächer (17) von einer Aufnahmeplatte (32) getragene Wechselobjektive (30, 31) zur Veränderung der Brennweite enthält, und daß durch Verstellung der Aufnahmeplatte (32) eine Verlagerung der Wechselobjektive (30, 31) mit ihren optischen Achsen in den Bereich der Sensorelemente erfolgt.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung (29) zusammen mit einer Strahlungsquelle (47) dem Behälter (10, 36) an

einer geschlossenen Seite (13) benachbart sind, und eine Umlenkeinrichtung (16, 48) einen Strahlengang vom Inneren des geöffneten Behälters (10, 36) zu den Sensorelementen und zur Strahlungsquelle (47) gewährleistet.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente, die abbildende optische Einrichtung (29) und die Strahlungsquelle (47) auf einem feststehenden Träger (37) befestigt sind, der eine horizontal verschiebbare Plattform (38) zur Aufnahme und zur Ankopplung des Behälters (36) an eine Beschickungsöffnung (39) in einem Wandelement (40) einer Halbleiterbearbeitungsanlage trägt, und daß die Umlenkeinrichtung (48) zur Beschickungsöffnung (39) seitlich versetzt an dem Wandelement (40) gegenüber einem strahlungsdurchlässigen Bereich (49) angebracht ist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung (29) dem Behälter (10, 36) an einer offenen Seite (14) benachbart ist.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente und die abbildende optische Einrichtung auf eine offene Seite eines Behälters gerichtet sind, der eine offene Vorderseite (71) und eine offene Rückseite (72) aufweist.

10. Verfahren zur Erkennung von scheibenförmigen Objekten an deren Stirnseiten und von Fächern eines Behälters durch Aufnahme mindestens eines Bildes, das aus Signalen einzelner Sensorelemente zusammengesetzt ist und in dem jedes Signal einen festen Bezug zu einer Bezugsbasis besitzt, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahme eines jeden Bildes mit einer Auswahl von aufzunehmenden Bereichen der Stirnseiten (6) verbunden ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erhöhung der Erkennungssicherheit mindestens ein Bildpaar von unterschiedlichen Bereichen der Stirnseiten (6) aufgenommen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale eines jeden Bildes mit einem oberen Schwellwert (59) verglichen werden, und daß bei Überschreiten des Schwellwertes (59) bei mindestens einem Signal zur Anpassung der Signalgröße eine erneute Bildaufnahme mit geänderter Belichtung vom selben Bereich der Stirnseiten (6) wie bei dem Vergleichsbild erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß Abweichungen gemessener Signalbreiten für die Objekte zur Sollbreite eine veränderte Anzahl der Objekte in den Fächern (17) kennzeichnen.

14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß Abweichungen des Abstandes der Signalmaxima (62, 63) für die Objekte zu den Sollabständen eine veränderte Anzahl der Objekte in den Fächern (17) kennzeichnen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein Signalverlauf zwischen zwei Signalmaxima (62, 63), der oberhalb eines unteren Schwellwertes (58) liegt, eine veränderte Anzahl der Objekte in den Fächern (17) kennzeichnet.

16. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß Abweichungen gemessener Positionen der Objekte zur Sollposition, die sich in Abhängigkeit vom aufgenommenen Bereich der Stirnseite ändern, ein Objekt kennzeichnen, das in verschiedenen Fächern (17) liegt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,

daß die Abweichung gegenüber dem Sollabstand der Objekte ermittelt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Abweichung gegenüber dem Sollabstand zur Bezugsbasis ermittelt wird.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

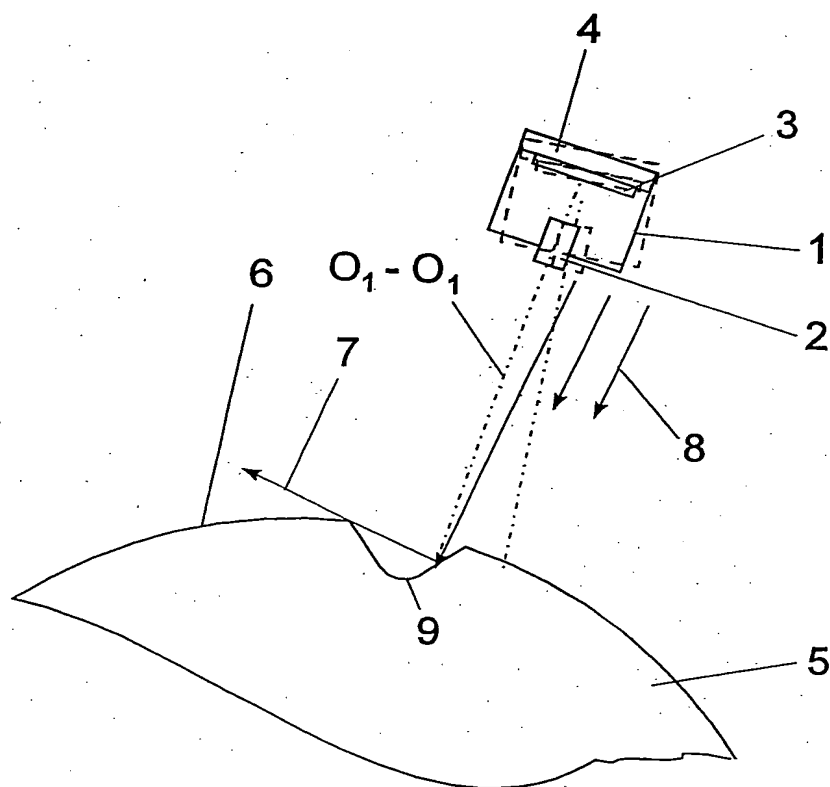
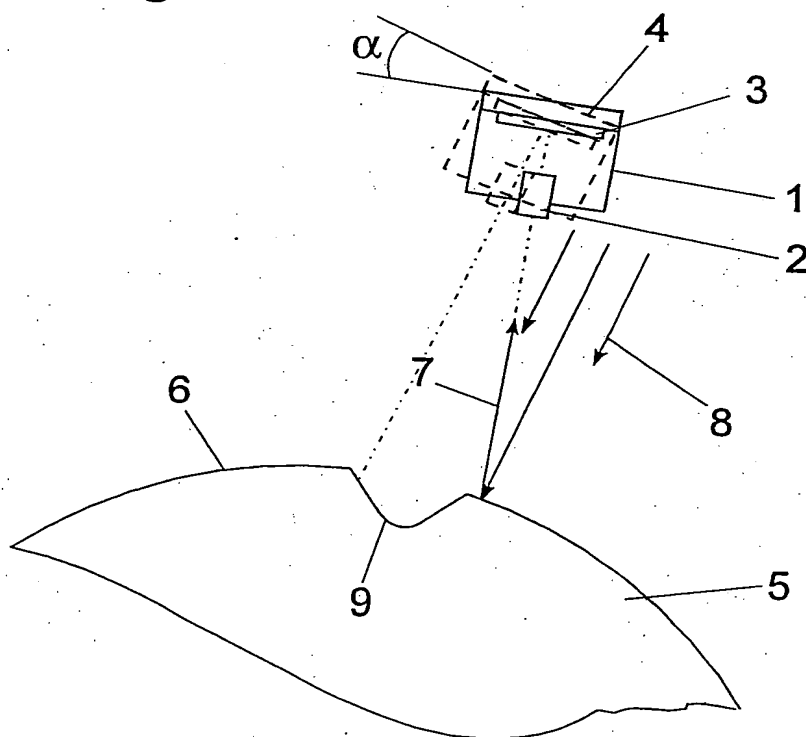


Fig. 1



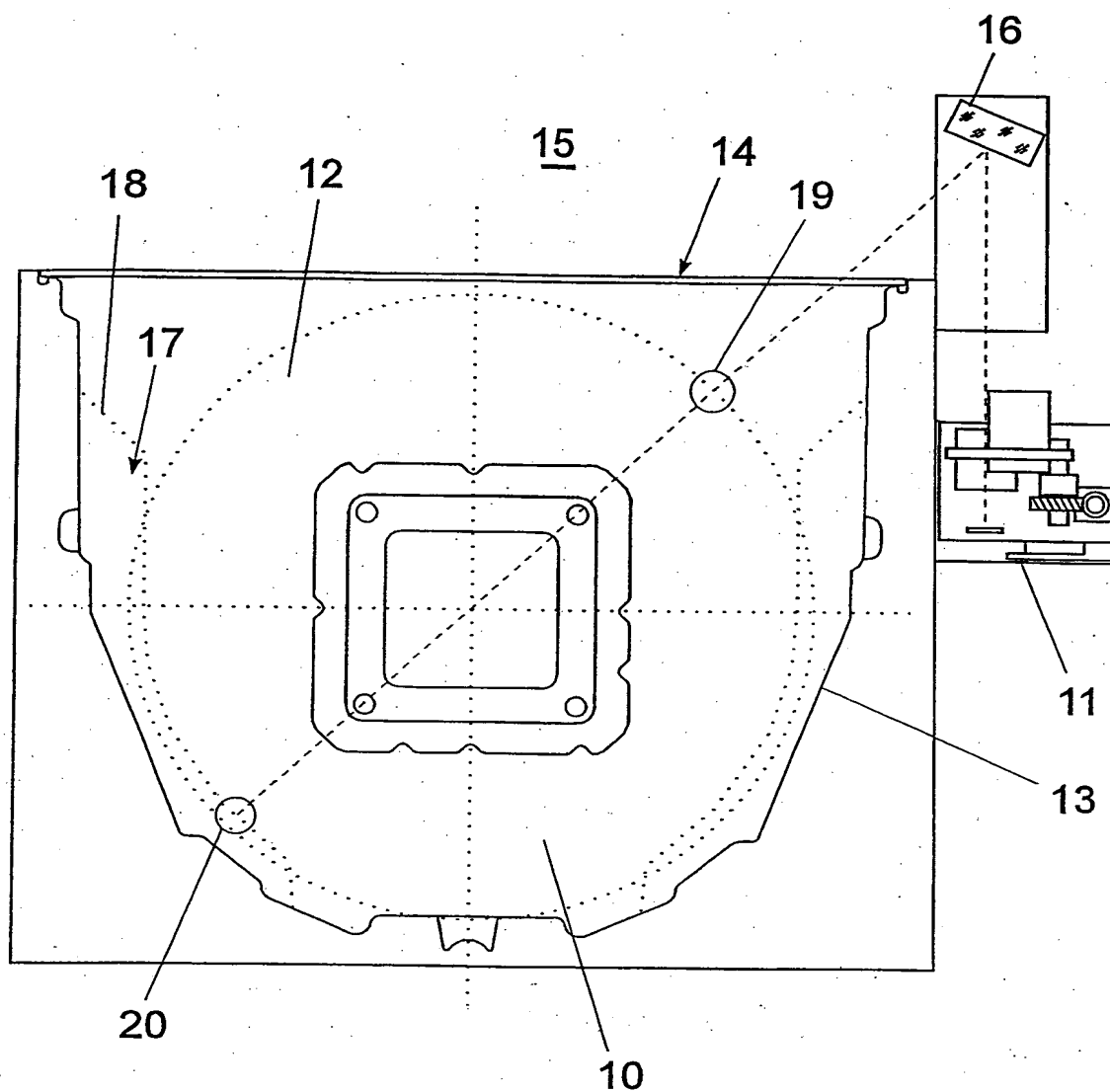
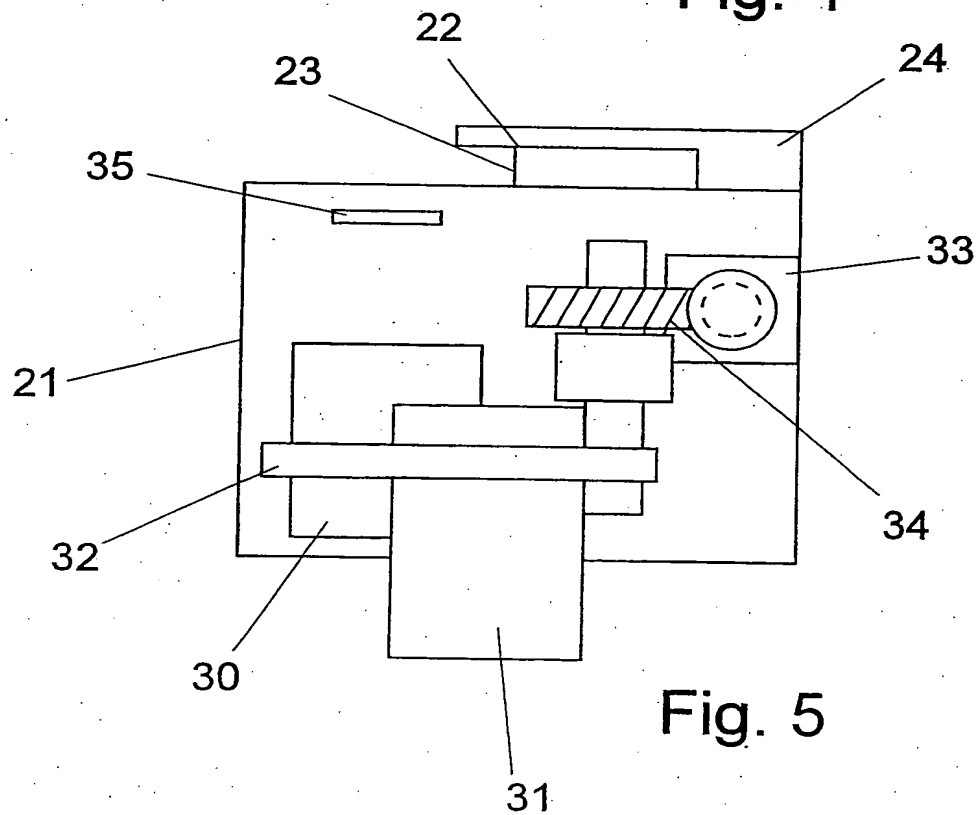
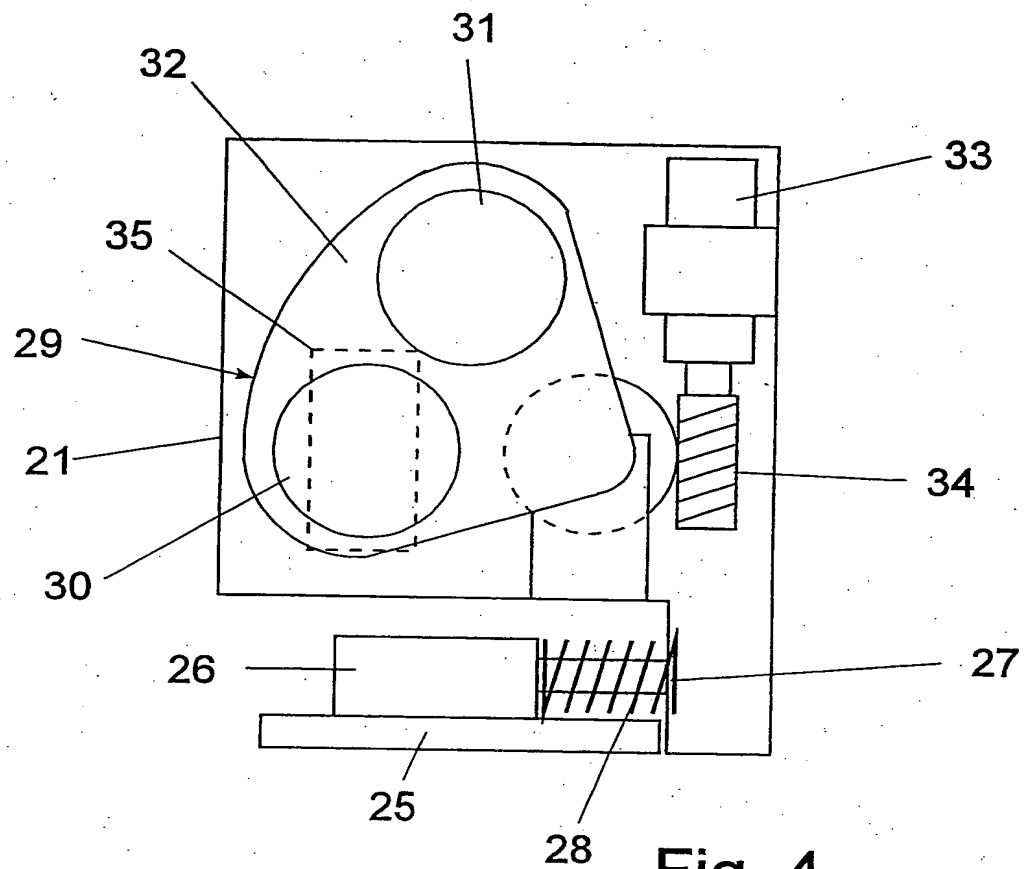


Fig. 3



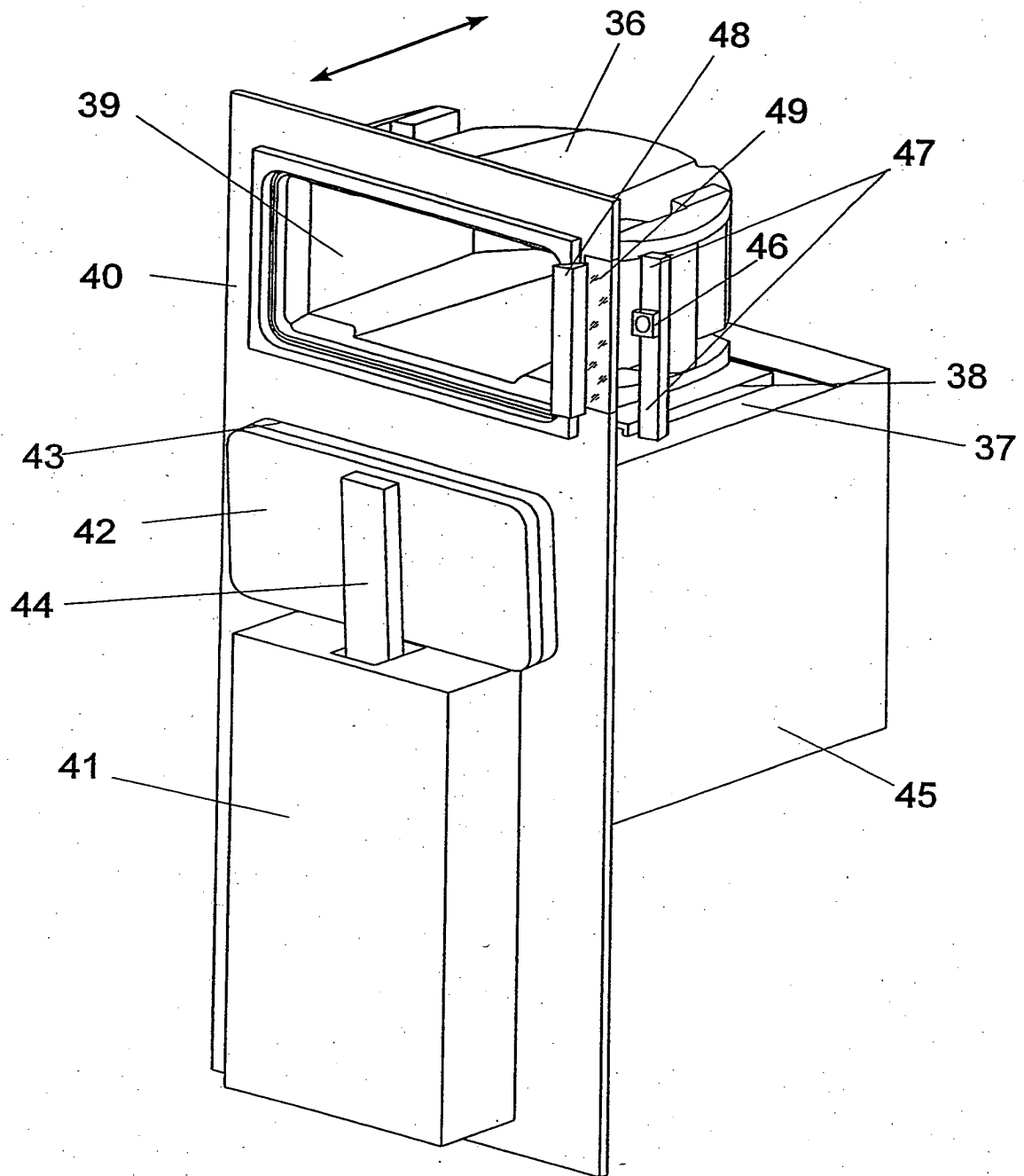


Fig. 6

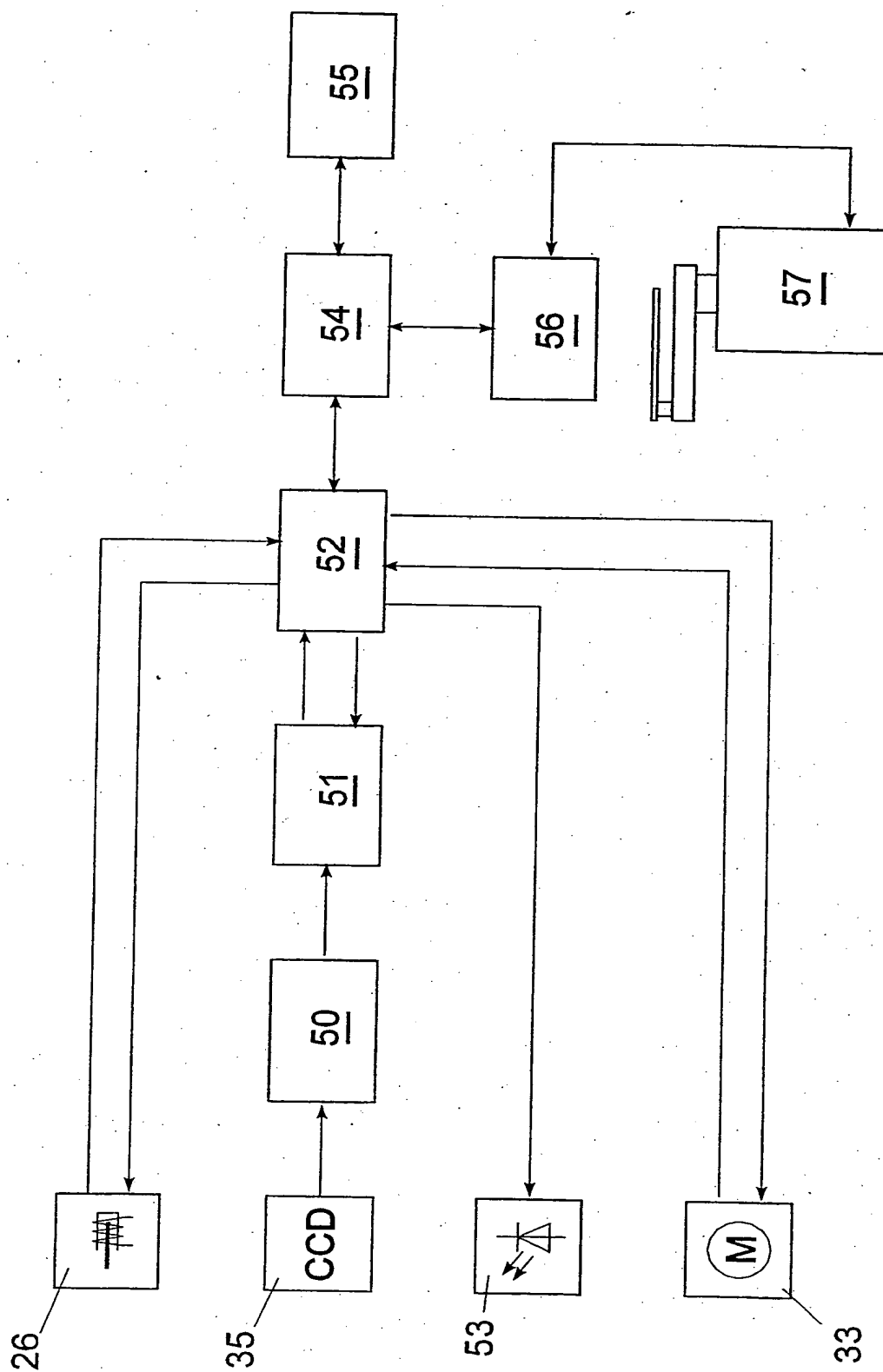


Fig. 7

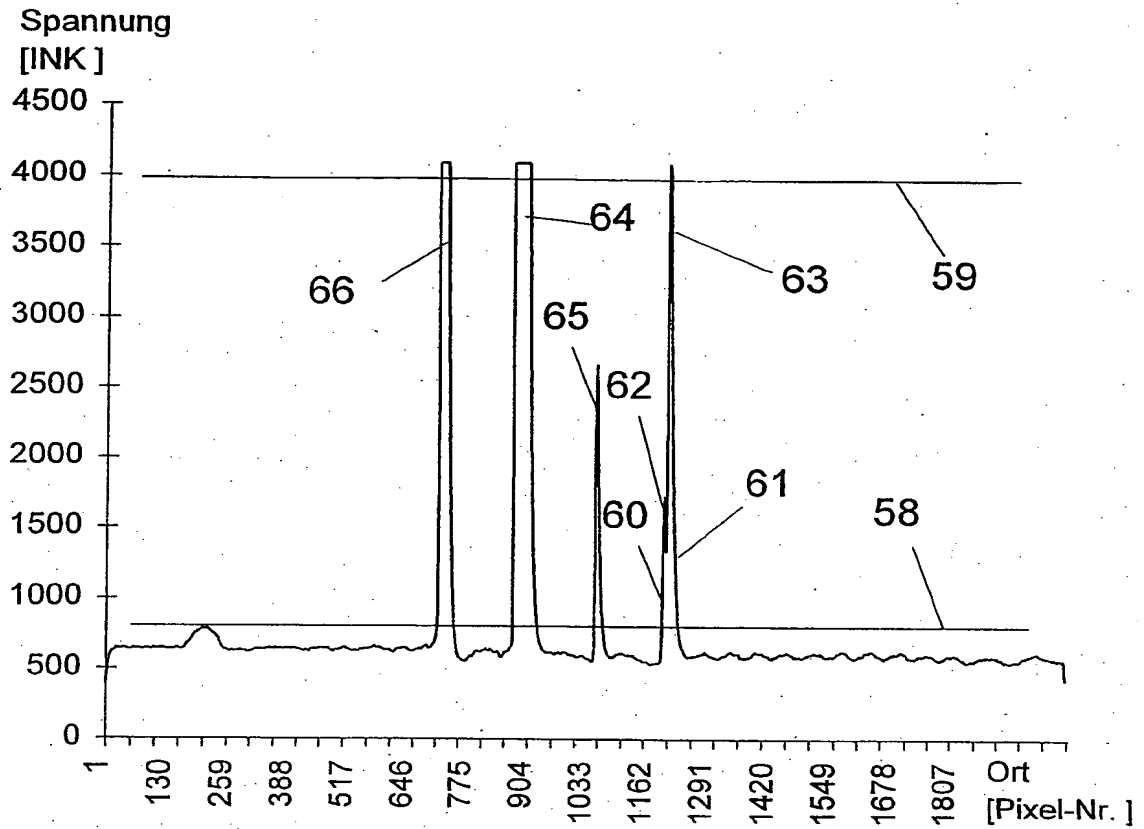


Fig. 8

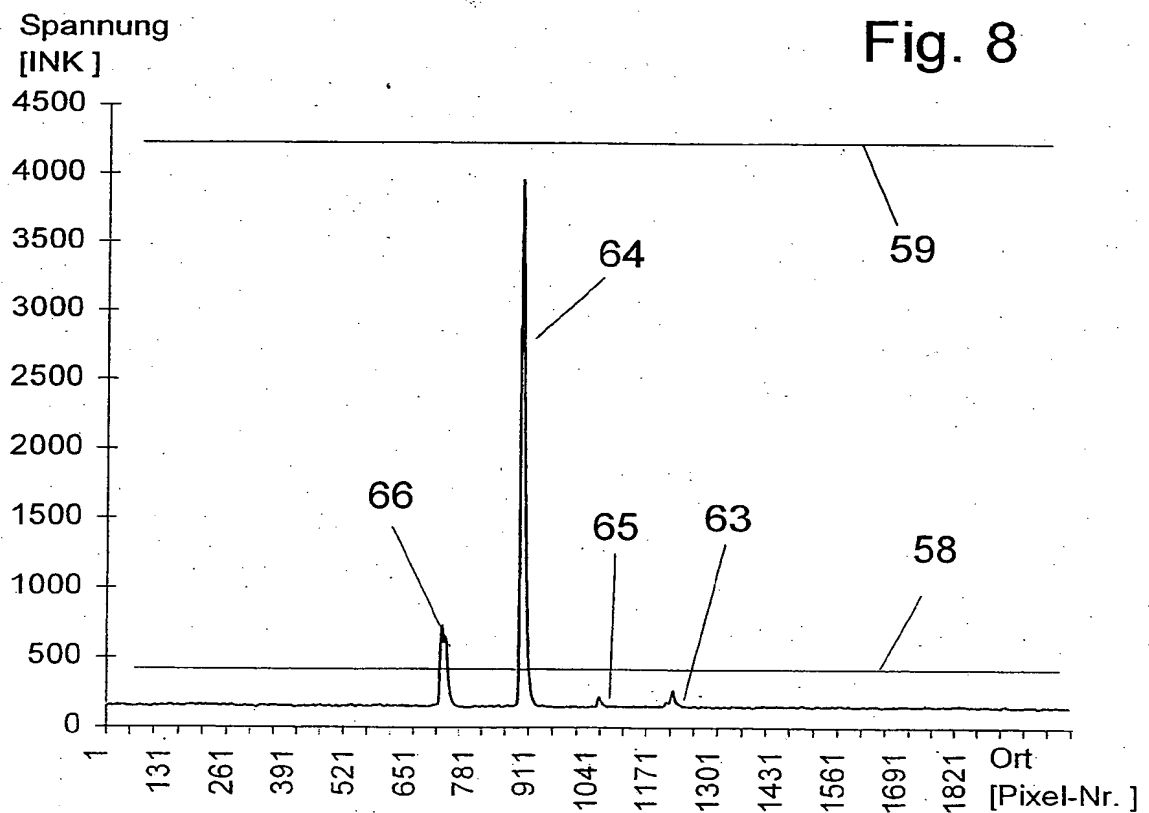


Fig. 9

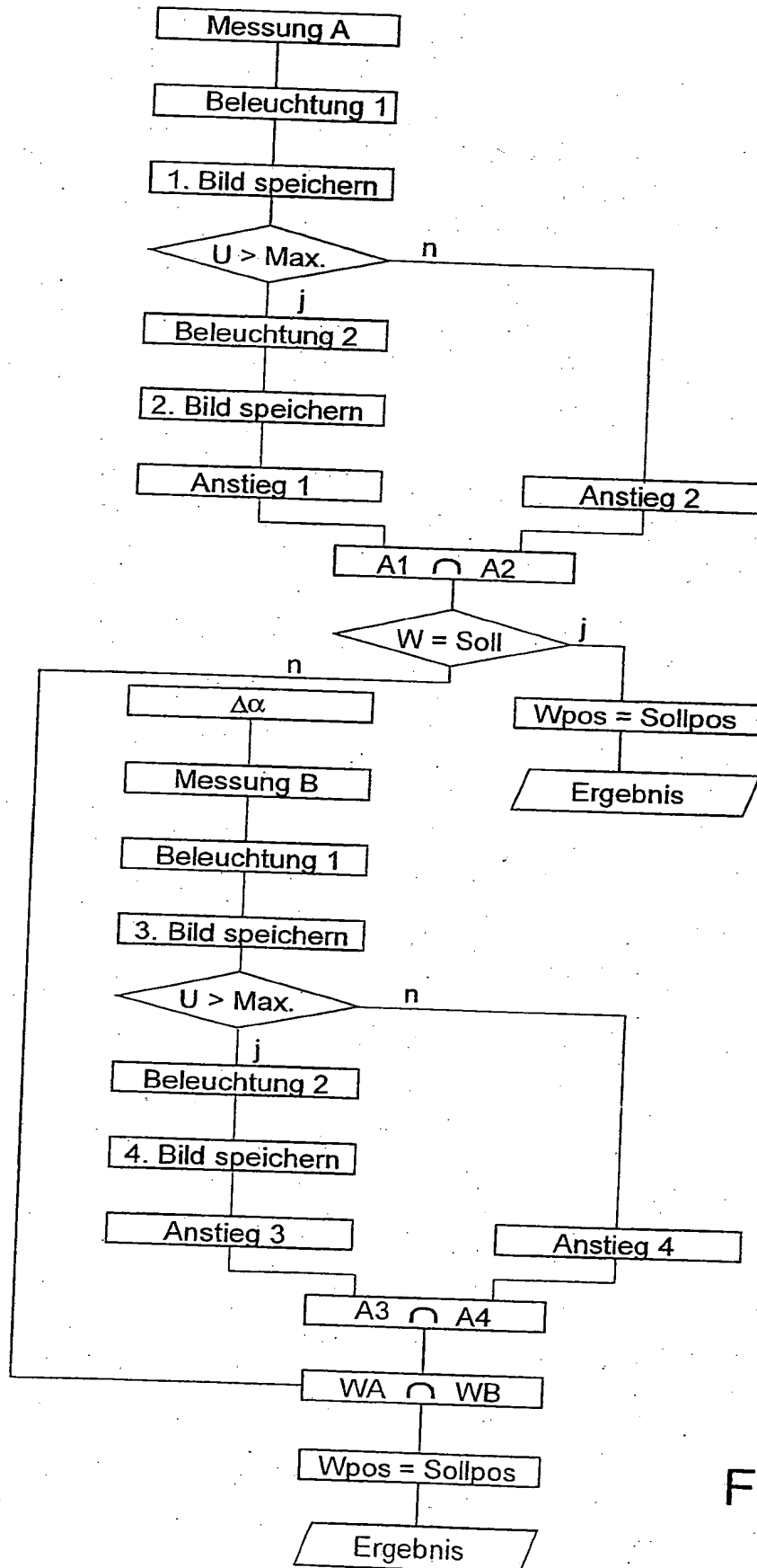


Fig. 10

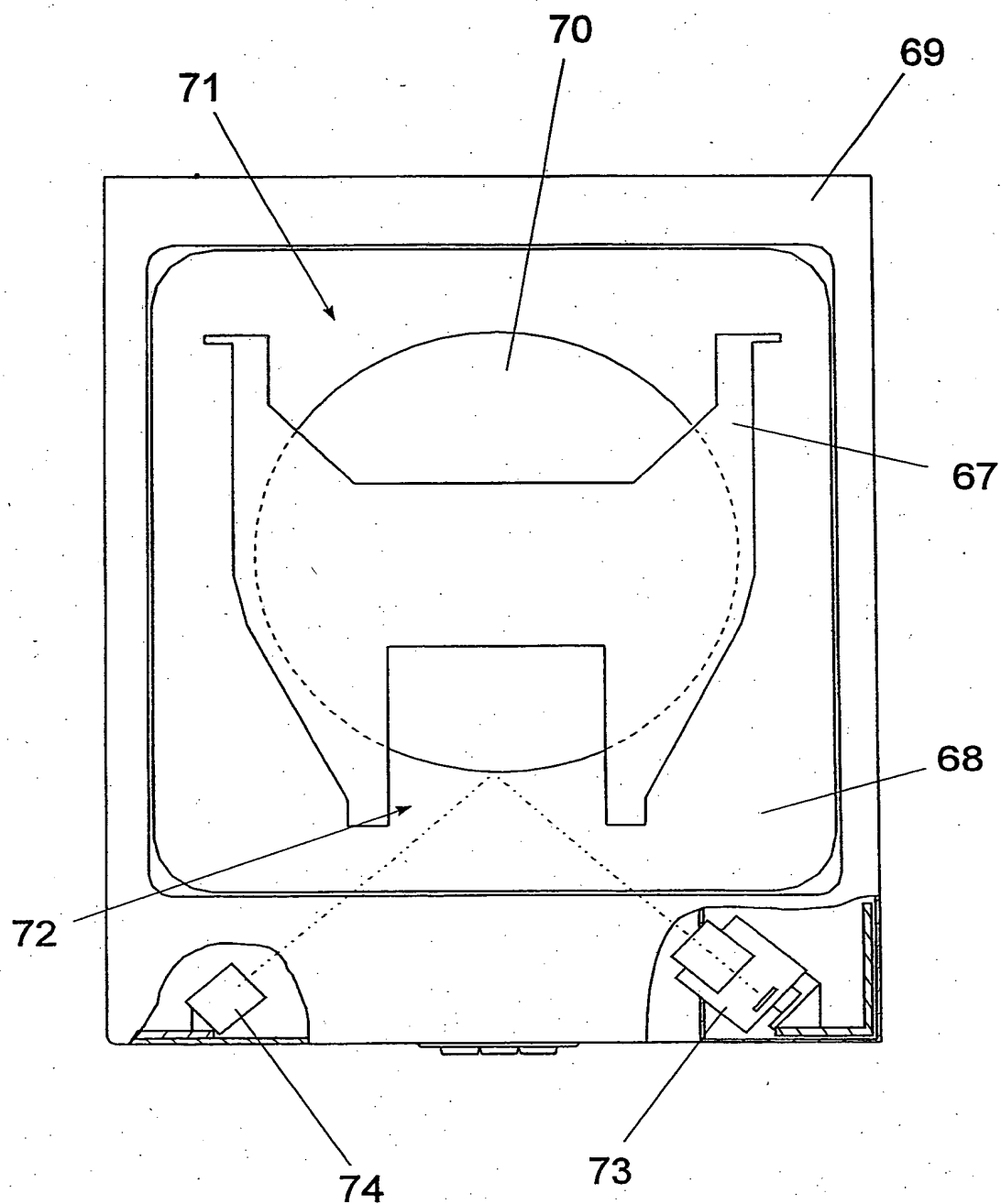


Fig. 11